

PERTUMBUHAN POPULASI *Spirulina platensis* DALAM MEDIA LIMBAH CAIR BAHAN OLAHAN KECAP DAN MEDIA ZARROUK

Population Growth Rate Spirulina Platensis In Media Liquid Waste Materials Processed Ketchup And Zarrouk Media

Junedi Tinambunan¹, Marini Wijayanti^{1*}, Dade Jubaedah¹

¹PS.Budidaya Perairan Fakultas Pertanian UNSRI

Kampus Indralaya Jl. Raya Palembang Prabumulih KM 32 Ogan Ilir Telp. 0711 7728874

*Korespondensi email : mrnwijayanti@gmail.com

ABSTRACT

The aims of this research were to study the influence of mixed industrial soy sauce liquid waste and Zarrouk medium mixture on population density and specific growth rate of *Spirulina platensis* on a short periode. This study has been conducted from March to April 2017 in the Laboratory of Aquaculture, Aquaculture study Program, Faculty of Agriculture, University of Sriwijaya. This research was arranged according to completely randomized design (CRD) with 5 treatment levels and 3 replications. The treatment levels consisted of P1 (0 % industrial soy sauce liquid waste + 100 % Zarrouk medium), P2 (25 % industrial soy sauce liquid waste + 75 % Zarrouk medium), P3 (50 % industrial soy sauce liquid waste + 50 % Zarrouk medium), P4 (75 % industrial soy sauce liquid waste + 25 % Zarrouk medium), P5 (100 % industrial soy sauce liquid waste + 0 % Zarrouk medium). The parameters observed during the study were population density and the maximum specific growth rate. The result of this study showed that the treatment P2 gave the best in maximum density (60.6 g.L⁻¹) and specific growth rate (14.66%. day⁻¹).

Keywords: *Spirulina platensis*, the liquid waste ketchup, Zarrouk media.

PENDAHULUAN

Spirulina platensis adalah mikroalga yang dapat tumbuh dengan baik dalam perairan basa, dengan ketersediaan nutrisi serta sinar matahari yang cukup (Kumar *et al.*,

2010; Varma *et al.*, 2012). Mikroalga ini berwarna hijau kebiruan yang hidupnya tersebar luas dalam semua ekosistem, baik ekosistem perairan air tawar, air payau maupun air laut. *S. platensis* ini mudah dibudidayakan dalam media Zarrouk maupun pupuk

teknis (Fitryani, 2009). *S. platensis* baik digunakan sebagai bahan pakan ikan Koi (*Cyprinus carpio*) karena mengandung karotenoid yang tinggi (Hadiyanto dan Azim, 2012). Keunggulan lain dari *S. platensis* adalah kandungan nutrisi yang baik antara lain 60–70% protein, 13,5% karbohidrat, 4-7% lemak dan asam lemak (*linolenic acid* dan *γ-linolenic acid*), asam amino esensial (leusin, isoleusin, valine), pigmen (klorofil, fikosianin dan karotenoid) dan juga mengandung vitamin seperti provitamin A, vitamin B12 serta β-caroten (Koru, 2012).

Saat ini, teknologi kultivasi mikroalga dapat diaplikasikan pada media limbah cair. Dalam hal ini ada keuntungan yang diperoleh yaitu menghasilkan biomassa mikroalga yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber pangan sekaligus mengurangi biaya kebutuhan nutrisi sintetik dengan memanfaatkan nutrisi yang terkandung dalam limbah (Budiyono *et al.*, 2014). Salah satu limbah yang dapat dimanfaatkan untuk pertumbuhan *S. platensis* yaitu limbah cair dari industri kecap. Hasil buangan dari industri kecap tersebut berupa

cairan yang mengandung bahan organik hasil perebusan kedelai. Berdasarkan hasil analisis limbah cair bahan olahan kecap yang telah dilaksanakan di Laboratorium Sampoerna Agro PT. Binasawit Makmur, limbah tersebut mengandung kadar nitrogen total 0,021%, fosfor 0,025%, karbon 0,20% dan kalsium 0,0032%. Media Zarrouk modifikasi merupakan salah satu media cair kultur *S. platensis* yang mengandung kadar nitrogen total 0,0428%, fosfor 0,089%, karbon 0,243% dan kalsium 0,0042% (Fitryani, 2009). Berdasarkan kandungan limbah cair kecap tersebut nitrogen dan fosfornya lebih rendah daripada media Zarrouk modifikasi, namun kandungan

karbon dan kalsium relatif tidak berbeda jauh. Oleh karena itu, pada penelitian ini bertujuan untuk mengkaji potensi pemanfaatan limbah cair bahan olahan kecap untuk kultur *Spirulina platensis*.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Budidaya Perairan,

Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya pada bulan Maret 2017 sampai dengan April 2017.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan masing-masing perlakuan diulang sebanyak 3 kali. Perlakuan yang digunakan adalah sebagai berikut:

P₁= Medium ZM 100%

P₂= Limbah cair bahan olahan kecap
25% + medium ZM 75 %

P₃= Limbah cair bahan olahan kecap
50% + medium ZM 50%

P₄= Limbah cair bahan olahan kecap
75% + medium ZM 25 %

P₅= Limbah cair bahan olahan kecap
100%

Cara Kerja

Tahap Persiapan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian terlebih dahulu disterilkan untuk meminimalkan kontaminan yang dapat menghambat produktivitas *S. platensis*. Wadah yang digunakan berupa botol kultur dengan volume 1500 ml sebanyak 15 buah

yang sudah steril. Peralatan lainnya seperti selang, batu aerasi, gelas ukur, pipet tetes sebelum digunakan disterilisasi dengan cara menyemprotkan alkohol 70 %.

Kultur *Spirulina platensis*

S. platensis terlebih dahulu dikultur dalam media cair ZM modifikasi untuk stok kultur yaitu sebagai inokulum awal sebanyak 2000 ml (Fitryani, 2009). Kepadatan *S. platensis* untuk inokulum adalah sebesar $\pm 2,4 \text{ g.l}^{-1}$. Stok *S. platensis* tersebut diambil sebanyak 100 ml dijadikan inokulum dan dimasukkan ke dalam 900 ml air media setiap perlakuan masing-masing dengan 3 (tiga) ulangan per perlakuan. Setelah itu dilakukan pengukuran kepadatan *S. platensis*. Agitasi dilakukan dengan bantuan aerasi dan dilakukan pengocokan manual 2 kali sehari, pagi dan sore selama 2 menit.

Pengumpulan Data

Kepadatan Populasi Maksimal

Kepadatan populasi maksimal *S. platensis* dilakukan dengan pengeringan dalam oven 60°C selama 24 jam (Wijayanti, 2003). Biomassa

yang diambil dari media kultur sebanyak 1 ml pada setiap perlakuan dengan 3 (tiga) ulangan, kemudian berat kering biomassa *S. platensis* tersebut dikonversikan menjadi g.l⁻¹. Pengukuran kepadatan ini dilakukan setiap harinya selama 18 hari, pada jam yang sama mulai pukul 09.00 WIB sampai pukul 11.30 WIB.

Laju Pertumbuhan Spesifik

Perhitungan laju pertumbuhan spesifik dapat dilakukan dengan menggunakan rumus modifikasi Becker (1994) yaitu:

$$\mu = \frac{\ln N_t - \ln N_o}{t} \times 100\%$$

Keterangan:

No = Kepadatan awal populasi (g.l⁻¹)

NT = Kepadatan puncak populasi (g.l⁻¹)

μ = Laju pertumbuhan spesifik (% . hari⁻¹)

T = Dari waktu (hari) dari No ke Nt

Analisis Data

Data hasil penelitian yaitu kepadatan populasi *S. platensis* disajikan dalam bentuk tabel. Data laju pertumbuhan spesifik *S. platensis* diambil dari gradien persamaan regresi kepadatan *S. platensis* terhadap waktu dan disajikan dalam bentuk grafik.

Nilai kepadatan populasi maksimal, laju pertumbuhan *S. platensis* spesifik dari masing-masing perlakuan dianalisis reratanya dengan analisis ragam. Perlakuan yang berpengaruh nyata terhadap peubah yang di uji, maka dilanjutkan dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil). Data kualitas air diuraikan secara deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kepadatan Maksimal

Hasil uji lanjut BNT terhadap rata-rata kepadatan maksimal *S. platensis* menunjukkan bahwa perlakuan P2 berbeda nyata lebih tinggi dibandingkan perlakuan lain, namun tidak berbeda nyata dengan P1. Nilai rata-rata kepadatan maksimal *S. platensis* pada perlakuan P5 berbeda nyata lebih rendah dibandingkan dengan P3, namun tidak berbeda nyata dengan P4. Tersedianya nutrisi yang cukup dalam media kultur, menjadikan *S. platensis* melakukan pembelahan sel relatif lebih cepat pada perlakuan P2, secara berurutan diikuti perlakuan P1, P3, P4 dan P5. Nilai kepadatan maksimal *S. platensis* pada setiap perlakuan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kepadatan maksimal *S. platensis* (g.L⁻¹)

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rerata
	1	2	3		
P1	65,1	49,5	60,1	174,7	58,2 ± 8,07 c
P2	61,0	68,0	52,9	181,9	60,6 ± 7,56 c
P3	44,6	37,3	46,7	128,6	42,9 ± 4,93 b
P4	40,0	31,3	34,3	105,6	35,2 ± 4,42 ab
P5	34,0	24,7	30,7	89,4	29,8 ± 4,71 a

Keterangan: angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berarti tidak berbeda nyata pada uji lanjut BNT_{α 0,05}.

Pertumbuhan *S. platensis* berlangsung selama 19 hari pemeliharaan. Kepadatan *S. platensis* sangat dipengaruhi oleh kandungan nutrisi dalam media kultur. Kepadatan maksimal *S. platensis* dari perlakuan P1 dan P2 yang tidak berbeda nyata menunjukkan bahwa nutrisi pada perlakuan P2 (75 % Zarrouk dan 25 % limbah cair bahan olahan kecap) setara dengan nutrisi P1 (100% ZM). Media 75 % Zarrouk dan 25 % limbah cair bahan olahan kecap mengandung nutrisi yang cukup untuk pertumbuhan biomassa *S. platensis* sebagaimana media Zarrouk.

Berdasarkan hasil uji lanjut BNT menunjukkan bahwa perlakuan P2 (penambahan 75% nutrisi media

Zarrouk dan ditambah 25 % media limbah cair bahan olahan kecap) memiliki biomassa yang berbeda nyata lebih tinggi dibandingkan dengan semua perlakuan kecuali P1 dengan kepadatan maksimal 60,6 g.L⁻¹. Hal ini diduga disebabkan kandungan unsur hara makro dan mikro yang tersedia dalam media kultur P2 memiliki jumlah nutrisi yang optimal, semakin tinggi unsur N, P dan K yang terkandung dalam media kultur, maka semakin tinggi produksi mikroalga sampai batas tertentu. Unsur yang lain yang diperlukan oleh *S. platensis* seperti karbondioksida juga dapat menunjang kepadatan populasinya (Angka dan Suhartono, 2000). *S. platensis* merupakan mikroalga cyanobacteria, pada lingkungan netral CO₂ berada dalam bentuk bebas

sehingga dapat berdifusi dengan mudah dalam sel mikroalga. Hal ini menyebabkan CO₂ sebagai sumber karbon bagi proses fotosintesis mikroalga cukup tersedia sehingga proses metabolisme dapat berlangsung cepat dan mendorong peningkatan kepadatan *S. platensis* (Wimas, 2012). *S. platensis* dapat menyerap N₂ sebagai senyawa anorganik untuk mendukung pertumbuhan *S. platensis*. Limbah cair bahan olahan kecap dapat menambah kadar CO₂ dan mengurangi konsentrasi Mg yang terdapat pada media Zarrouk. Ion magnesium yang terlalu tinggi tidak cocok sebagai media pertumbuhan *S. platensis* (Angka dan Suhartono, 2000).

Perlakuan P5 (100% limbah cair bahan olahan kecap) mempunyai kepadatan *S. platensis* berbeda nyata lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan lainnya yaitu 29,8 gl⁻¹, tetapi tidak berbeda nyata dengan P4. Diduga pada P5 memiliki nutrisi yang tidak dapat langsung dimanfaatkan oleh *S. platensis*. N total, P total, C total dan bahan mineral-mineral lain pada limbah cair bahan olahan kecap tidak dapat langsung menjadi nutrisi untuk

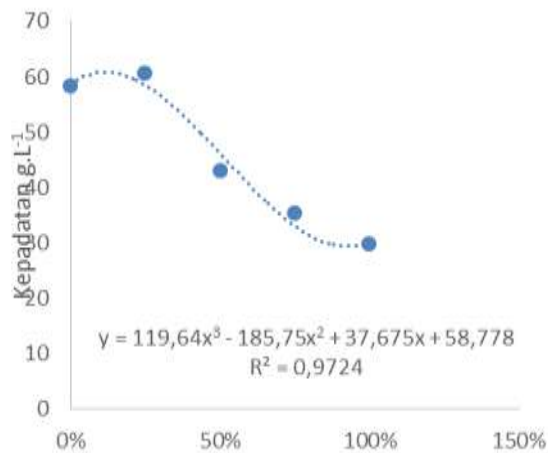
pertumbuhan. Berdasarkan penelitian Suminto (2009) kandungan nitrogen sangat berpengaruh pada kelimpahan sel *S. platensis*, konsentrasi nitrogen yang tinggi pada media kultur maka kelimpahan sel *S. platensis* akan tinggi juga. Limbah cair bahan olahan kecap telah mengandung senyawa nutrisi yang dibutuhkan untuk pertumbuhan *S. platensis*, akan tetapi tidak cukup untuk mengoptimalkan pertumbuhan *S. platensis*. Untuk pertumbuhannya media harus menyediakan senyawa mikronutrien yang tidak dikandung oleh limbah cair bahan olahan kecap. Sehingga diperlukan adanya tambahan mineral-mineral

dalam media kultur untuk menumbuhkan *S. platensis* seperti sulfur, kalium, magnesium dan mangan yang berperan untuk proses metabolisme agar pertumbuhannya optimal.

Hubungan regresi antara kepadatan maksimal *S. platensis* (y) dengan persentase limbah cair bahan olahan kecap dapat dilihat pada Gambar 4.1. Hasil analisis regresi polinomial dari nilai rerata kepadatan maksimal ditunjukkan oleh persamaan

$y = 119,64x^3 - 185,75x^2 + 37,675x + 58,778$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,9724$.

dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 4.1. Persentase limbah cair bahan olahan kecap terhadap kepadatan *S. platensis*

Berdasarkan persamaan regresi diperoleh konsentrasi limbah optimum 11% limbah cair bahan olahan kecap dalam media kultur mampu menggantikan media pro analisis yaitu media Zarrouk yang menghasilkan kepadatan maksimal yang tertinggi *S. platensis* yaitu sebesar 68,8 g.L⁻¹. Kepadatan *S. platensis* sangat dipengaruhi oleh kandungan nutrisi dalam media kultur. Kadar 11% limbah cair bahan olahan kecap dan 89

% media Zarrouk paling optimal mendukung pertumbuhan *S. platensis*.

Pada media Zarrouk, nitrat dikonversi terlebih dahulu menjadi ion ammonium agar bisa digunakan untuk metabolisme *S. platensis*. Ion ammonium dibutuhkan dalam proses fotosintesis dan merupakan unsur hara esensial bagi mikroalga. Ion fosfat merupakan sumber energi metabolisme sel, stabilisasi membran sel, biosintesis karbohidrat, biosintesis asam amino dan replikasi sel (Dianursanti 2014). Pada media limbah cair bahan olahan kecap terdapat bahan organik yaitu nitrogen, fosfor, dan karbon. Bahan organik tidak dapat langsung dimanfaatkan oleh *S. platensis*, sehingga nitrogen dibentuk menjadi bahan anorganik dibantu oleh bakteri pengurai. Menurut Sunarto (2006), bahwa keberadaan dekomposer sangat ditentukan oleh faktor-faktor lingkungan baik kondisi kimia, fisika maupun biologi. Faktor-faktor utama yang sangat berpengaruh terhadap dekomposisi antara lain oksigen, bahan organik dan bakteri sebagai agen utama dekomposisi. Effendi (2003) menyatakan bahwa

dekomposisi bahan organik diuraikan menjadi anorganik, sebelum haranya dimanfaatkan oleh fitoplankton.

Laju pertumbuhan

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa penggunaan limbah cair bahan olahan kecap berpengaruh tidak nyata terhadap laju pertumbuhan (Tabel 4.2). Berdasarkan nilai rata-rata laju pertumbuhan yang diperoleh menunjukkan bahwa pada perlakuan 25 % limbah cair bahan olahan kecap dan 75 % media Zarrouk menghasilkan laju pertumbuhan yang tertinggi yaitu sebesar 14,66 % . hari⁻¹. Nilai laju pertumbuhan dapat dilihat pada Tabel 3

Tabel 3. Laju pertumbuhan spesifik *S. platensis* (% hari⁻¹)

Perlakuan	Ulangan			Jmlh	Rata
	1	2	3		
P1	15,13	12,09	10,85	38,07	12,69 ± 2,202
P2	15,25	14,19	14,54	43,98	14,66 ± 0,540
P3	15,91	11,40	13,66	40,97	13,66 ± 1,907
P4	12,47	11,89	13,22	37,58	12,53 ± 0,667
P5	13,12	13,71	14,05	40,88	13,63 ± 0,471

Meskipun hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa perlakuan mempunyai laju pertumbuhan spesifik yang tidak berbeda nyata, namun laju pertumbuhan spesifik tertinggi pada perlakuan P2 dibandingkan dengan perlakuan lain, diduga adanya kesesuaian *S. platensis* terhadap kondisi nutrisi yang tersedia dalam media kultur. Hal ini sesuai dengan pernyataan Isnadina dan Hermana (2013) bahwa kecepatan tumbuh *S. platensis* dipengaruhi sumber nutrisi dan lingkungan.

Pertumbuhan *S. platensis* pada perlakuan P2 menunjukkan fase lag atau fase adaptasi yang tidak tampak nyata, karena kepadatan *S. platensis* langsung meningkat pada hari ke-1 (Lampiran 3), terjadi dalam waktu yang cukup singkat ± 24 jam. Hal ini menunjukkan bahwa *S. platensis* yang dikultur pada kombinasi 25% limbah cair bahan olahan kecap mampu tumbuh baik.

Pada perlakuan P5 kepadatan *S. platensis* dari hari ke-1 sampai hari ke-14 mengalami peningkatan biomassa secara perlahan, diduga *S.*

platensis mampu beradaptasi pada limbah cair bahan kecap dan memanfaatkan unsur yang ada dalam media kultur. Pada hari ke-1 dan ke-3 terlihat sudah terjadi pembelahan sel tetapi mengalami pertumbuhan yang lambat dibandingkan dengan perlakuan lain diduga unsur hara yang terdapat dalam media kultur tidak langsung diserap oleh *S. platensis*. Pada hari ke-4 menunjukkan kepadatan *S. platensis* 12,3 g.L⁻¹ yang menunjukkan kultur telah memasuki fase eksponensial dan terjadi sampai hari ke-14. Fase ini terjadi ketika nutrisi yang tersedia dapat dimanfaatkan dan kondisi lingkungan yang memenuhi kebutuhan fisiologis *S. platensis*. Pada fase ini, sel masih memiliki kemampuan bereproduksi sehingga populasi masih bertambah. Pada hari ke-15 kepadatan *S. platensis* mulai menurun pertumbuhan diduga populasi melampaui fase stasioner. Hal ini sesuai dengan pernyataan Haryati (2008) adanya penurunan pertumbuhan dan biomassa dapat disebabkan berkurangnya nutrisi pada media kultur dan kompetisi biomassa semakin besar untuk mendapatkan

nutrien. Ketersediaan nutrisi yang minim bahkan habis untuk pertumbuhan mengakibatkan jumlah populasi atau biomassa mengalami penurunan dan kemudian mengalami kematian.

4.3. Kualitas air

Data hasil pengukuran kualitas air selama penelitian menunjukkan bahwa nilai salinitas, suhu pH dan intensitas cahaya pada setiap perlakuan mengalami fluktuasi. Nilai kualitas air selama penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kisaran kualitas air selama penelitian

Perlakuan	Salinitas (ppt)	Suhu (°C)	pH	Intensitas cahaya (Lux)
P1	22-25	29-30,0	8,2 - 8,4	1500-1689
P2	22-24	29-30,2	8,2 - 8,4	1500-1689
P3	22-25	29-30,2	8,2 - 8,5	1500-1689
P4	22-25	29,5-31	8,2 - 8,5	1500-1689
P5	22-25	29,4-31	8,2 - 8,5	1500-1689

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Media limbah cair bahan kecap mampu menggantikan media Zarrouk sampai 25 % untuk pertumbuhan *S. platensis* dengan kepadatan 60,6 g. L⁻¹.
2. Kombinasi optimum media limbah cair bahan olahan kecap 11 % dan media Zarrouk 89% memberikan kepadatan maksimal *S. platensis* 68 g. L⁻¹.

Saran

Penelitian lanjutan dapat dilakukan untuk mengetahui pemanfaatan limbah cair bahan olahan kecap dengan penambahan pupuk teknis untuk pertumbuhan *S. platensis*.

DAFTAR PUSTAKA

- Angka, S.L. dan Suhartono, M.T., 2000. *Bioteknologi Hasil Laut*. Bogor: Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan. Institut Pertanian Bogor.
- Becker, E.W., 1994. *Microalgae Biotechnology and Microbiology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Budiyono, Syaichurozi, I., Sumardiono, S. dan Sasongko, S. B., 2014. Production of *S. platensis* biomass using digested vinasse as cultivation medium. *Trends in Applied Sciences Research*, 9(2),93-102.
- Dianursanti, Rizkytata, B.T., Gumelar, M.T. and Abdullah, T.H., 2014. Industrial tofu wastewater as a cultivation medium of microalgae *Chorella vulgaris*. *Energy Procedia*, 47, 56-61.
- Effendi, H., 2003. *Telaah Kualitas Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Fauzan, A., 2012. *Teknologi Produksi Spirulina fusiformis secara intensif dengan Pencahayaann Monospektrum*, Skripsi. Institut Pertanian Bogor.
- Fitryani, D., 2009. *Pertumbuhan Populasi Spirulina platensis dalam Media Campuran Limbah Cair Iindustri Tahu dan Media Zarrouk Modifikasi*, Skripsi. Universitas Sriwijaya.
- Geitler, L., 1932. *Cyanophyceae*. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft m.b.H
- Hadiyanto dan Azim, M., 2012. *Mikroalga Sumber Pangan dan Energi Masa Depan*. Semarang: UPT UNDIP Press Semarang.
- Haryati, R., 2008. Pertumbuhan dan biomassa *Spirulina sp.* dalam skala laboratoris. *Jurnal BIOMA*, 10(1), 19-22.
- Isnadina, D.R.M. dan Hermana, J., 2013. Pengaruh konsentrasi bahan organik, Salinitas, dan pH terhadap laju pertumbuhan alga. Seminar Nasional

- Pascasarjana, ITS, Surabaya 15 Agustus 2013.
- Koru, E., 2012. Food additive in earth food *Spirulina* (Arthrospira): production dan quality Standarts. *Intech*, (1), 191-202.
- Kumar, A., Ergas, S., Yuan, X., Sahu, A., Zhang, Q., Dewulf, J., Malcata F.X dan Langenhove, H.V., 2010. Enhanced CO₂ Fixation and Biofuel Production Via Microalgae: Recent Developments and Future Directions. *Trends in Biotechnology*.
- Sari, L.A., 2009. *Pengaruh Penambahan Fecl₃ Terhadap Pertumbuhan Spirulina platensis yang Dikultur pada Media Asal Blotong Kering*, Skripsi. Universitas Airlangga Surabaya.
- Suminto, 2009. Penggunaan jenis media kultur teknis terhadap produksi dan kandungan nutrisi sel *Spirulina platensis*. *Saintek Perikanan*, 4 (2), 53-61
- Sunarto, 2006. Peranan Dekomposisi d alam Proses Produksi Pada Ekosistem Laut. Bogor: Falsafah Sains. Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Varma, V., Sudharsan, Srinivasa, S. V., Suthanthararajan, R. dan Ravindranath, E., 2012. Algal Symbiosis in Reduction of Greenhouse gas (GHG) Emission and Bio-Energy Production. *Proceeding of International Conference on Control of Industrial Gaseous Emission*, February 9 dan 10, 2012. (1): 89-93.
- Wijayanti M., 2003. *Optimasi Waktu Produksi, Isolasi, dan Karakterisasi Superoksida Dismutase Spirulina platensis Hasil Kultur Media Limbah Lateks*, Tesis. Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Wimas, D.W., 2012. *Uji Efektifitas Pertumbuhan Spirulina sp pada Limbah Cair Tahu yang di Perkaya Urea dan Super Phosphate 36 (SP 36)*, Skripsi S1 .Universitas Jember.